



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CAMPUS DE PLANALTINA/FUP

Glauco de Oliveira Macedo

USO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA EM DESINFECÇÃO DE ÁGUA

Brasília (DF)

2022

USO DE RADIAÇÃO ULTRA VIOLETA EM DESINFECÇÃO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Licenciatura em Ciências Naturais pela Universidade de Brasília – UnB do Campus Planaltina.

Orientadora: Dr^o Paulo Eduardo de Brito

Brasília

2022

Dedico ao meu Deus, a minha amada,
dedicada e paciente esposa, aos meus
queridos filhos e aos meus pais muito.

Aos meus mestres que cada um a seu
tempo, marcaram minha vida definitivamente.

“O sucesso é uma consequência e não um objetivo.”

Gustave Flaubert.

“Sucesso significa realizar seus próprios sonhos, cantar sua própria canção, dançar sua própria dança, criar do seu coração e apreciar a jornada, confiando que não importa o que acontecer, tudo ficará bem. Criar sua própria aventura!”

Elana Lindquist.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo esse imensurável desejo de conhecimento.

A minha esposa, Eliane Macedo, que sempre me dera o melhor de si, por todo

amor, cuidado, dedicação e confiança em mim depositado... (minha vida)

Ao meu filho Keven que se colocava à disposição nas horas difíceis;

Aos amados filhos, Kassia e Kairon que sempre confiaram em mim... (amo vocês!);

Ao meu orientador pelo respeito, confiança, incentivo, estímulo e ensinamentos imprescindíveis à realização deste trabalho.

Ao professor Franco pelo apoio e orientação

Aos que torceram e me apoiaram nessa jornada e que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização demais um sonho, meus sinceros agradecimentos.

A cada um, o meu agradecimento e carinho!

RESUMO

Este trabalho se propôs a verificar a viabilidade do uso de energia ionizante do tipo ultravioleta C (UVC) na desinfecção de água para uso humano de forma acessível, principalmente em residências não assistidas pelo saneamento hídrico. Para tanto, foi realizada uma revisão literária sobre a quantidade e tempo necessária de radiação para inativação dos patógenos; as especificações dos instrumentos necessários incluindo lâmpadas germicidas e reatores; e o uso com segurança.

As áreas rurais em sua maioria não são assistidas por sistema de tratamento hídrico, valendo-se de águas oriundas de curso ou poços sem tratamento, a desinfecção por radiação ultravioleta vem de encontro a esta demanda, sendo uma ferramenta de saúde pública em razão de mitigar as doenças que têm a água como vetor de transmissão.

A desinfecção da água ocorre em razão da inativação dos patógenos pela ação da UVC que desnatura RNA e DNA por uma reação conhecida por fotólise, causando a morte dos microorganismos, inclusive patógenos (*Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.*, *Cyclospora cayetanensis* e *Toxoplasma gondii*) que outros meios de desinfecção não tem eficácia e sem a formação de subprodutos nocivos à saúde da população e meio ambiente, enquanto desinfetantes como o cloro podem gerar subprodutos que podem apresentar potencial cancerígeno.

Palavras-Chave: Radiação Ultra violeta , Desinfecção de água, tratamento áreas rurais

ABSTRACT

This work aimed to verify the feasibility of using ionizing energy of the ultraviolet C (UVC) type in the disinfection of water for human use in an accessible way, especially in homes not assisted by water sanitation. To this end, a literature review was carried out on the amount and time needed for radiation to inactivate the pathogens; specifications of necessary instruments including germicidal lamps and reactors; and use safely.

Most rural areas are not assisted by a water treatment system, using water from untreated courses or wells, disinfection by ultraviolet radiation meets this demand, being a public health tool in order to mitigate diseases that have water as a transmission vector.

Water disinfection occurs due to the inactivation of pathogens by the action of UVC that denatures RNA and DNA by a reaction known as photolysis, causing the death of microorganisms, including pathogens (*Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.*, *Cyclospora cayetanensis* e *Toxoplasma gondii*) that other means of disinfection are ineffective and without the formation of harmful by-products to the health of the population and the environment, while disinfectants such as chlorine can generate by-products that may have carcinogenic potential.

Keywords: Ultra violet radiation, water disinfection, treatment in rural areas

Introdução

A água é uma substância essencial à vida, no entanto sem tratamento adequado torna-se um vetor de doenças, algo bastante comum em áreas rurais que não recebem tratamento de água e nem saneamento básico. Segundo a ONU, 2 milhões de pessoas morrem por ano devido a doenças causadas pela água contaminada, sendo as bactérias do gênero *Salmonella*, *Escherichia coli* e o Norovírus os principais agentes responsáveis por essas doenças (Agência Brasil - EBC 2015). O principal agente usado em nosso país para tratamento de água é o cloro, contudo, não é oferecido a toda população, em especial às populações mais pobres e/ou rurais, o que justifica a busca de soluções que garantam uma melhor qualidade da água (Ministério da Saúde, 2013).

Algumas técnicas avançadas de tratamento de água vêm gradativamente substituindo o uso de cloro pelo mundo em razão de sua interação com matéria orgânica dando origem a subprodutos como trihalometanos (THMs), substâncias essas com efeito negativo à saúde humana(RODRIGUES 2022).

O uso de ondas eletromagnéticas conhecida como radiação ultravioleta C (UVC) já é uma técnica de tratamento de água bastante disseminada, especialmente em países europeus, visando a diminuição do cloro, (BARBOSA, 2016). A radiação UVC é um agente físico que impossibilita a reprodução e atividade dos agentes patogênicos e não altera as propriedades físicas e químicas da água, além de não gerar resíduos (FRANCO, 2007)

entretanto, seu uso ainda é limitado a grandes empresas de saneamento e indústrias, sendo pouco usual em residência e principalmente em áreas rurais, devido principalmente ao uso de forma industrial e negligência para com as áreas mais pobres, segundo levantamento do Instituto Trata Brasil foi feito a partir de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério do Desenvolvimento Regional, Quase 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável e cerca de 100 milhões não têm serviço de coleta de esgotos no país (BRASIL,2021)

A partir do exposto, o presente trabalho propõe-se a estudar a viabilidade da radiação ultra violeta como uma viável alternativa para desinfecção de água em locais sem tratamento, em especial áreas rurais não assistidas. Para tanto, pretendeu-se fazer uma revisão literária sobre os temas **desinfecção de água com utilização de radiação ultravioleta, dose de radiação** necessárias para inativação dos patógenos, **características de instrumentos** usados e **segurança** necessária. Propõem-se ainda fazer teste de crescimento de microrganismo em meios nutritivos após uso de radiação como forma de mostrar a efetividade do uso.

Desinfecção de água com ultravioleta

A radiação ultravioleta ou luz ultravioleta como conhecemos faz parte do espectro não visível de ondas magnéticas e faz parte da categoria de ondas eletromagnéticas ionizante que tem comprimentos curtos e comportamento corpuscular conhecido como fótons com capacidade de interagir com estruturas químicas e provoca rompimento de ligações (fotólise) (MARTINS, 2021).

Fotólise é o termo usado para a interação entre radiação luminosa e moléculas e ocorre comumente nas faixas de comprimento entre 1200nm e 200nm que é explicado pela constante de Planck apresentada por Max Planck em dezembro de 1900 que explica que a energia de um fóton é inversamente proporcional ao seu comprimento, ou seja, quanto maior o comprimento da onda menor será sua energia e a capacidade de interação e quanto menor o comprimento maior a interação, radiações no comprimento entre 100 e 280nm são intensamente absorvidos por proteínas e ácidos nucléicos causando modificações, desequilíbrio metabólico e desnaturação

Usando a fórmula de Planck para calcular a quantidade de energia emitida por um fóton de comprimento de 260 nm, faixa UVC, a faixa mais germicida e que mais absorvida pelos ácidos nucleicos, $E\lambda = (hc / \lambda)A$, o valor de energia é de 110kcal/mol, limite superior para desnaturação gênica dos patógenos.

Sendo $E\lambda$, energia associada a um determinado comprimento de onda (kcal/mol);

h , constante de Planck ($1,583 \times 10^{-37}$ kcal.s);

C , velocidade da radiação eletromagnética no vácuo (3×10^{17} nm/s);

λ , comprimento de onda da radiação eletromagnética (nm);

A , número de Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ fotões/mol) (MARTINS, 2021).

A radiação ultravioleta (UV) compreende o espectro eletromagnético (figura 1) em comprimentos de onda entre 100 e 400 nanômetros, subdividida em 3 classes conhecidas como UV-A (400 nm a 315 nm) sendo a menos energética, a UV-B (315 nm e 280 nm) e UV-C (280 nm e 100 nm). A ação germicida é apresentada no intervalo entre 245 nm e 285 nm, faixa que compreende a faixa UV-C. A radiação UV-C é emitida pelo Sol, mas absorvida pela atmosfera; seu uso é comumente associado a lâmpada elétricas próprias para a emissão desse tipo de radiação para promover ação germicida, a qual se deve a sua maior capacidade de ionização de moléculas fundamentais como bases nitrogenadas causando danos quase sempre irreversíveis a estas estruturas e por consequência a inativação dos agentes patógenos (BILOTTA e DANIEL, 2006)

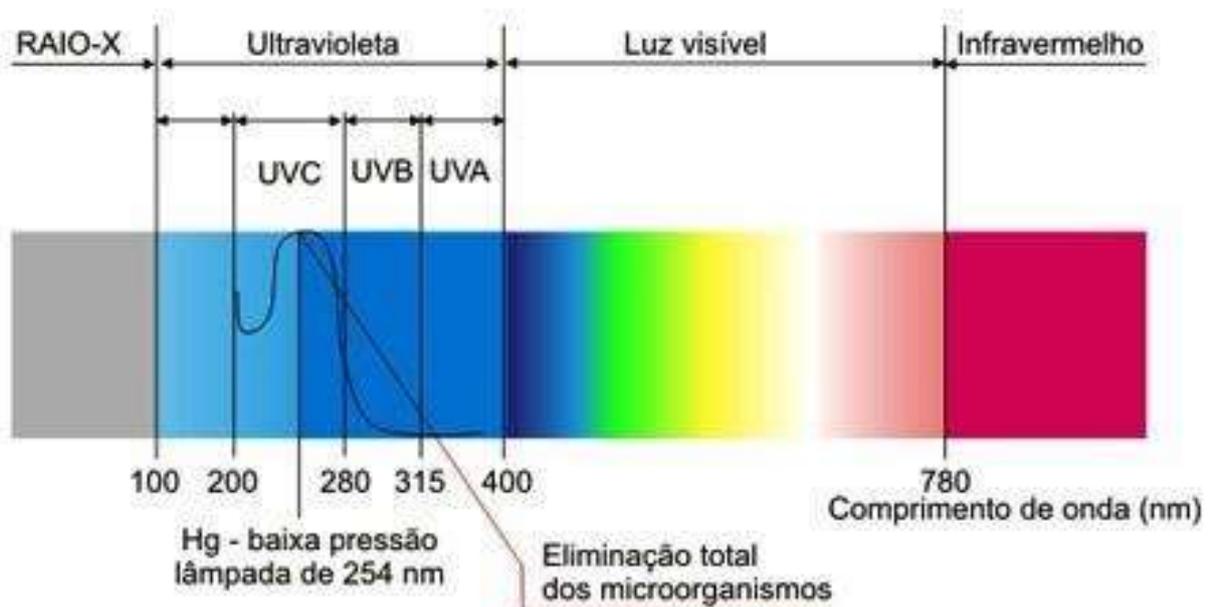


Figura 1: Espectro eletromagnético. Fonte: National Center for Food Safety and Technology, Illinois Institute of Technology, 6502 S. Archer Road, Summit-Argo, IL 60501; Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/desinfeccao-de-embalagem-utilizando-radiacao-ultravioleta>. Acessado em 28 de agosto de 2022.

Quantificação De Radiação Uv Necessária

A dosagem de radiação é medida pelo de tempo de exposição do meio pela intensidade da radiação que pode ser medida pela fórmula $D = I.t$, sendo D = dose de radiação medida ($mW.s/cm^2 = 10 J/m^2$), I = intensidade medida em microwatt-

segundos por centímetro quadrado ($\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$) e t = tempo de exposição do meio à radiação medidas em segundos. Deste modo quanto maior o tempo e a intensidade da radiação maior será seu efeito. O cálculo da fração de sobrevivência será medido pela quantidade de organismos vivos antes dividido pela quantidade de organismos vivos depois da exposição. Usa-se para este fim a seguinte fórmula $\frac{X}{X_0}$, (X_0 = organismos vivos antes da exposição, X = organismos vivos depois da exposição) (BARROSO, 2009). Os organismos têm diferentes resistências à dosagem de radiação UVC, e em países onde já existe uma legislação para uso de UVC, as doses recomendadas variam entre 30 a 100 mW-seg/cm² (SNATURAL, 2022).

As doses recomendadas para a inativação de alguns importantes patógenos que possuem a água como vetor de transmissão, estão dispostas conforme estudo de Di Bernardo e Dantas (2005) na Tabela 1.

Tabela 1 Dosagem de radiação (mWs/cm^2) recomendada na desinfecção de água contaminada por diferentes microrganismos.

Micro-organismo	Inativação de 90%	Inativação de 100%
BACTÉRIA		
Legionella pneumophila	360	2.760
Shigella dysenteriae	1.700	3.400
Streptococcus viridans	2.000	3.800
Escherichia typhosa	2.100	4.100
Escherichia coli	3.000	6.600
- Bacillus paratyphosus	3.200	6.100
Corynebacterium diphtheriae	3.400	6.500
Pseudomonas fluorescens	3.500	8.600
Salmonella enteritidis	4.000	7.600
Staphylococcus aureus	4.980	6.600
Mycobacterium tuberculosis	5.400	10.000
Pseudomonas aeruginosa	5.500	10.500
Salmonella typhimurium	8.000	15.200
Clostridium tetani	12.000	22.000
Sarcina lutea	17.900	26.400
VÍRUS		
- Influenza	3.600	6.600
Bacteriófago da Escherichia coli	3.600	6.600
- Poliovírus 1	28.000	42.000
PROTOZOÁRIOS		
- Paramecium SP	110.000	220.000
- Giárdia lamblia	63.000	
NEMÁTODO		
ovo	51.000	92.000

Fonte: tabela feita pelo autor usando dados de BILOTTA e DANIEL, 2006

Um fator importante a ser levantado é a resistência apresentada pelos protozoários (*Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.*, *Cyclospora cayetanensis* e *Toxoplasma gondii*) à tratamentos convencionais como a cloração (FRANCO, 2007), enquanto o tratamento com UVC tem mostrado bastante eficácia contra os mesmos microrganismos (BILOTTA e DANIEL, 2006).

Lâmpadas e reatores

A radiação UV natural é emitida pelas reações nucleares no interior do sol, as do tipo B e C, consideradas as mais energéticas, são filtradas pela atmosfera, o que é bastante benéfico para a vida na superfície terrestre, visto a capacidade de penetração nas células e rompimento das ligações do material genético. Luzes artificiais oriundas de equipamentos como telas de computadores, celulares, lâmpadas fluorescente e de halogênio também emitem pequenas doses de radiação UV (Barroso,2009), no entanto, para que haja o feito de desinfecção da água é necessária uma quantidade muito maior de radiação que as emitidas pelos equipamentos citados, caso das lâmpadas especiais de UV que emitem feixes de radiação no espectro entre 250nm, considerado o mais específico para a ação germicida. (MARTINS, 2021)

Essas lâmpadas são feitas normalmente de tubos de quartzo, por não bloqueia tanto radiação UV como ocorre com o vidro. Dentro destas, há um gás e pequenas quantidades de mercúrio que ao serem submetidos por uma tensão elétrica emitem a radiação, funcionamento parecido com as lâmpadas fluorescentes. A diferença é que o interior das lâmpadas fluorescentes é recoberto por fósforo, o qual filtra e converte a radiação UV para luz visível e como as lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas UV também necessitam de equipamentos conhecidos como reatores, que mantêm e controlam as voltagens e amperagens constantes evitando variações de potências na alimentação das lâmpadas (DUPCZAK,2008).

Para desinfecção de água geralmente são usadas em recipientes que permitam o contato da água com a parte de quartzo e que evitem que as partes elétricas tenham contato com a água evitando curtos circuitos.

Existe lâmpadas próprias recomendadas para o tipo de vazão, baixa, média e média com intensidade, as lâmpadas de baixa pressão são para pequenas

vazões (poços e caixas d'água), são encontradas com diversas intensidades, uma lâmpada de 65W consegue desinfetar até 9m³/h, as de média para vazões medianas, uma lâmpada de 5kW atende até 525m³/h e as de media pressão e alta intensidade para ambiente com alta vazão são usadas em ambientes com altas vazões e pouco espaço. (Di Bernardo e Dantas ,2005),(Gonçalves 2003)

Aspectos de Segurança

A radiação UVC emitida pelas lâmpadas podem trazer consequências á saúde humana e a de animais, caso haja exposição direta e constante, principalmente aos olhos e pele. Pelo seu poder penetrante, a radiação causa danos celular e acumulativos na pele, podendo causar dor, vermelhidão, envelhecimento da pele ou câncer. Aos olhos, sua exposição provoca uma inflamação ocular que costuma permanecer entre 24 e 48 horas, situação muito comum com quem trabalha com solda ou observa a luminosidade provocada no momento da solda sem proteção. Entretanto, sua exposição crônica pode desencadear tardiamente problemas oculares como catarata, pterígio ou degeneração da retina (GRAÇA, 2008).

A Portaria Ministerial nº 3.214 de dezembro de 1978, do Ministério do Trabalho e Emprego, na Norma Regulamentadora 15 (NR-15), regulamenta as atividades e operações insalubres, em seu anexo nº 7, trata das radiações não ionizantes: micro-ondas, ultravioletas e laser (MTE, 1978). De acordo com esta portaria, as normas de proteção devem ser usadas durante o manuseio de equipamentos emissores de radiação UV, sendo a principal o não manuseio enquanto houver funcionamento dos aparelhos emissores de UV e o desligamento da corrente elétrica, prevenindo assim o risco de exposição à radiação ou choque elétrico e o uso de Equipamentos de proteção individual (EPIs)

Teste Biológico Da Efetividade Da Radiação UVC Emitida Por Lâmpadas Germicidas.

Com intuito de comprovar a eficácia da radiação UVC e facilidade de se obter um sistema que atenda de forma simples as regiões sem acesso a tratamento de água, foi realizado um ensaio de verificação, utilizando um equipamento de uso caseiro (as especificações do aparelho, não estão especificadas em razão de questões burocráticas e de cunho patenteal) e artesanal de baixo custo e fácil de

fazer por qualquer pessoa com conhecimentos básicos de hidráulica e segurança com radiação UVC.

O teste de efetividade foi o observar a eficiência em evitar o crescimento de microrganismos em meio Sabouraud Dextrose Agar, meio esse que propicia de forma eficaz o crescimento de fungos para avaliar a eficiência da UVC emitida por lâmpadas germicidas.

Para tal experimento, 400 ml de água foram coletados no lago Paranoá na localização **15°47'2.40"S, 47°51'5.45"O** (próximo ao Bay park e concha acústica), separados em dois recipientes de 200 mL cada, uma parte submetida a radiação UVC e a outra parte não.

O experimento foi realizado no laboratório de Biologia da Universidade de Brasília, Campus de Planaltina (FUP), obedecendo os protocolos de análise como uso de EPIs e POP (procedimento operacional padrão) do laboratório. Ao todo foram semeadas em 6 placas petri com amostra de água coletada em um lago localizado em Brasília chamado lago Paranoá contendo meio Sabouraud Dextrose Ágar, meio usado para crescimento especialmente de fungos e leveduras, poder crescimento de bactérias, mas que a maioria das bactérias não tolera a elevada concentração de açúcar (BULA LABOCLIN, 2022). Sendo 3 com água que foi ionizada com UVC na faixa de 250 nm e 3 com água sem tratamento. As amostras de água foram tratadas por UV em processo contínuo, numa vazão de 200 ml em 4 segundos, obtida por gravidade, tendo o centrando em contato direto com uma lâmpada UVC de 8w, exposição essa menor que a recomendada em LOBO; COSTA; WISBECK, 2009

As placas foram cultivadas em estufa de cultivo a 37 °C por 6 dias. Não houver teste específicos para bactérias, protozoários e vírus pela falta de meios de culturas e análises

Foi possível observar a formação de colônias características de microrganismos na figura 2 enquanto as mesmas não se apresentam nas placas submetidas ao tratamento conforme apresentado nas figuras 3



Figura 2 Imagens da cultura em placas ao qual a água não passou por tratamento por UVC após 6 dias

Obs: a placa n° 2 houve contaminação da amostra em razão de ter sido tocada



Figura 3 imagens da cultura em placas ao qual a água passou por tratamento após 6 dias

Resultados e discussões

A revisão biográfica feita conseguiu trazer conceitos e expandir o conhecimento sobre o uso de UVC para tratamento de água, também mostrou que é uma tecnologia de baixo custo, além de fácil instalação e demonstrou a eficácia da radiação UV na desinfecção, pois após os microrganismos serem expostos à radiação UVC emitidas pelas lâmpadas, são eliminados ou inativados pela desnaturação de seu material genético dos microrganismos, impedindo a reprodução,

Sendo considerada como uma tecnologia limpa, pois não altera as propriedades físicas da água e não deixa resíduo ou qualquer subproduto nocivo a

humanos e o meio ambiente, O que está de acordo com os novos conceitos de auto sustentável e de não agressão ao meio ambiente

O teste biológico feito com água coletada foi capaz de demonstrar e confirmar a eficiência do sistema no controle dos microrganismos viáveis, pois nas amostras que passaram por tratamento com UVC é possível observar o controle e a inativação reprodutivas dos microrganismos em comparação com as amostras que não houver tratamento. Vale ressaltar que para uma comprovação mais eficiente se necessário novos experimentos mais específicos, com mais amostras e outros meios de culturas para as demais espécies de microorganismos (vírus, protozoários e bactérias) ou uso de outras técnicas de análises.

São diversas características possíveis que demonstram que o uso da radiação UVC vem de encontro a contribuir para sanar uma deficiência de atendimento sanitário as áreas mais precárias. Assim, a UVC pode ser citada como:

- Eficaz para muitos vírus, bactérias e protozoários como Cryptosporidium e Giardia ,
- Não produz residual tóxico em contrário a cloração que produz THMs
- Não altera em nada o estado físico da água
- Requer pouco espaço além da facilidade de instalação Sistema simples e de baixo custo de operação e manutenção.
- Consegue atender áreas remotas

Dessa forma o presente trabalho demonstra que a forma simples, barata e acessível de geração de radiação UVC para desinfecção de água utilizando lâmpadas ultravioleta em áreas sem tratamento a torna uma excelente alternativa , respondendo positivamente à pergunta, guardada as devidas precauções de segurança.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do trabalho demonstraram que embora estudos demonstrem a facilidade, a efetividade e a plasticidade do uso de UVC para desinfecção de água, sistemas com uso de radiação UVC ainda é uma tecnologia distante e desconhecida da maior parte da população e que maiores investimentos em estudos e implantações trariam imensos benefícios para a sociedade e para o mundo, principalmente para a saúde pública, especialmente para as partes mais carentes da sociedade, trazendo saúde e até mesmo evitando mortes, ao levar tratamento de água para áreas não assistidas por tratamento adequados para manter a qualidade da água própria para o consumo e diminuindo os gastos públicos e desafiando os debilitados sistemas de saúde.

O custo para implantação, operação e manutenção de um sistema UVC é bastante baixo e exige pouco espaço, sua capacidade de inativar alguns microrganismos de interesse epidemiológico que não são inativados em outros meios de tratamento e o fato de não produzir resíduos oncogênicos como as THMs, o coloca inclusive afrente de outras técnicas de desinfecção de água, o tornaria uma excelente opção ao uso de cloro, se não fosse pelo fato de UVC não ser residual o que não evita a contaminação posterior a desinfecção nas grandes cidades, mas a combinação das técnicas em conjunto resultaria em uma diminuição na quantidade de cloro e um menor custo financeiro e ambiental.

Com relação os ambientes rurais e áreas remotas carentes de água tratada, o sistema UVC é indiscutivelmente a melhor opção presente ou conhecida para atender essas áreas em razão de suprir a carência e a infraestrutura operacional que o tratamento convencional necessita e não existe a demanda de um desinfectante residual, pois a água tratada pelo sistema não precisaria percorrer imensas distancias em tubulações que são a principal causa de reinfecção.

A radiação ultra é uma importante ferramenta de desinfecção e estudos para viabilizar seu uso e segurança devem ser alvos de instituições de pesquisa e de políticas para uma melhor compreensão e implantação.

REFERÊNCIAS

Agencia Brasil -EBC <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-04/oms-estima-2-milhoes-de-mortes-por-comida-e-agua-contaminadas-todos-os-anos> site visitado em 26/03/2022 e publicado em 07/04/2015 - 09:21 Por Paula Laboissière - Repórter da Agência Brasil – Brasília

BARROSO, Lidiane Bittencourt; WOLFF, Delmira Beatriz. **Radiação ultravioleta para desinfecção de água**. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2009. encontrado no endereço eletrônico: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/download/1250/1183>

BARBOSA, Alene de Oliveira. **Uso da radiação ultravioleta como técnica avançada de tratamento de água**. Trabalho de conclusão de curso - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016

BARROSO, Lidiane Bittencourt; WOLFF, Delmira Beatriz. **Radiação ultravioleta para desinfecção de água**. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2009.

BRASIL 2021, RADIOAGÊNCIA NACIONAL, **Brasil tem 35 milhões de pessoas sem acesso à água potável**, encontrado no endereço eletrônico: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/saude/audio/2021-03/saneamento-basico> acessado em 28/08/2022

BULA LABOCLIN , <https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/06/900659-SABOURAUD-D.-AGAR-CLO-9mL-FRASCO-CX10TB-.pdf> encontrado no endereço eletrônico em 28/08/2022

BILOTTA, Patrícia; DANIEL, Luiz Antonio. **Ozônio e radiação UV na inativação de indicadores patogênicos em esgoto sanitário: análise comparativa**. *Minerva*, v. 3, n. 2, p. 199-207, 2006.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v. 2. São Carlos: Rima, 2005

DUPCZAK, Bruno Scortegagna et al. **Reator eletrônico para lâmpadas fluorescentes alimentado em corrente contínua**. 2008.

FRANCO, Regina Maura Bueno. **Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública**. *Rev Panam Infectol*, v. 9, n. 4, p. 36-43, 2007.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2003

GRAÇA, C. O. **Radiação ultravioleta no ambiente de trabalho**. Notas de aula do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – UNIFRA, 2008.

LOBO, M.G.; COSTA, B.P.; WISBECK, E. **Avaliação da desinfecção de água em reator utilizando radiação ultravioleta**. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 3, n. 1, p. 21-36, 2009

MARTINS, Ramiro José Espinheira. **A radiação ultravioleta na desinfecção de águas residuais domésticas** / Ramiro José Espinheira Martins. — Iguatu, CE : Quipá Editora, 2021

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde OMS)**, encontrado no endereço eletrônico:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/analise_indicadores_agua_consumo_humano_doencas_hidrica_brasil_2013.pdf

MINISTERIO DO TRABALHO, Portaria Ministerial nº 3.214 de dezembro de 1978, do Ministério do Trabalho e Emprego, na Norma Regulamentadora 15 (NR-15), **regulamenta as atividades e operações insalubres, em seu anexo nº 7, trata das radiações não ionizantes: micro-ondas, ultravioletas e laser**

endereço eletrônico:

https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=9CFA236F73433A3AA30822052EF011F8.proposicoesWebExterno1?codteor=309173&filename=LegislacaoCitada+- encontrado 28/08/2022

RODRIGUES, Helen Vanuza Auzani; DE OLIVEIRA, Cristiane da Silva Paula.
ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: UM LEVANTAMENTO SOBRE ARTIGOS
PUBLICADOS. **Visão Acadêmica**, v. 23, n. 2, 2022.

SNATURAL AMBIENTES; **Radiação Ultravioleta (UVC) – Desinfecção de
Água, efluentes e Água de reuso; encontrado no endereço eletrônico:**

<https://www.snatural.com.br/desinfeccao-ultravioleta-uvc-agua-efluentes/>

acessado em 28/08/2022